

DERWENT-ACC-NO: 2002-003983

DERWENT-WEEK: 200201

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: LCD element manufacturing method for  
display unit of wrist watch, involves radiating UV  
rays of different strengths on mixture containing LC  
material and optical polymerizable monomer, between  
substrates

PATENT-ASSIGNEE: MATSUSHITA DENKI SANGYO KK[MATU]

PRIORITY-DATA: 2000JP-0087848 (March 28, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PAGES	PUB-DATE	MAIN-IPC
JP 2001272665 A		October 5, 2001	N/A
013	G02F 001/1334		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
JP2001272665A	N/A	
2000JP-0087848	March 28, 2000	

INT-CL (IPC): G02F001/13, G02F001/1334

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2001272665A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - A mixture containing LC material and an optical  
polymerizable monomer, is injected between a pair of substrates (2,3).  
Ultraviolet rays of specific strength for precipitating globular-shaped LC  
(10), is irradiated on

the mixture. Ultraviolet rays of lesser strength is irradiated for polymerizing the unreacted monomer.

USE - For display unit of wrist watch, calculator, notebook type PC, word processor, LC monitor, data projector and projection LC television.

ADVANTAGE - The liquid crystal material degradation is suppressed without eliminating the hysteresis performance. As the scattering property is enhanced, the display quality is improved.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a sectional view of the liquid crystal display element.

Substrates 2,3

Liquid crystal 10

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/13

DERWENT-CLASS: P81 U14

EPI-CODES: U14-K01A2;

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開番号

特開2001-272665

(P2001-272665A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001. 10. 5)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
G 0 2 F 1/1334		G 0 2 F 1/1334	2 H 0 8 8
1/13	1 0 1	1/13	1 0 1 2 H 0 8 9

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-87848 (P2000-87848)

(22) 出願日 平成12年3月28日 (2000. 3. 28)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 古佐小 慎也

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 雅夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100101823

弁理士 大前 要

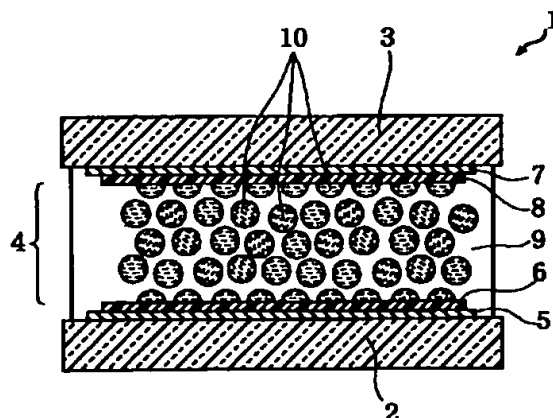
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ヒステリシス性能を犠牲にすることなく、散乱性能を高くでき、コントラストが高く、高温においても表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を提供する。

【解決手段】 一对の基板2、3間に挟持された高分子・液晶複合体層4と、複合体層4に電圧を印加する電極5、7とを備えた液晶表示素子の製造方法であって、基板2、3間に液晶材料と光重合性モノマーを含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、高分子と液晶とを相分離させると共に分離析出した液晶滴10の形状が略球形となるような第1の紫外線強度で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、液晶滴内に残留している未反応の重合性モノマーを更に重合させるべく、第1の紫外線強度よりも弱い第2の紫外線強度で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一对の基板と、一对の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合

体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、  
一对の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、

前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の照射条件で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、

液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、第2の照射条件で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項2】 一对の基板と、一对の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合

体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、  
一对の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、

前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の紫外線強度で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、

液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の紫外線強度よりも弱い第2の紫外線強度で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項3】 前記第1の紫外線強度と前記第2の紫外線強度の比が5以上であることを特徴とする請求項2記載の液晶表示素子の製造方法。

【請求項4】 一对の基板と、一对の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合

体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、  
一对の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、

前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の紫外線分光特性を有する紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、

液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の紫外線分光特性よりも長波長成分が多い第2の紫外線分光特性を有する紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項5】 前記第1の紫外線照射工程では、紫外線の有する波長成分のうち予め定めた第1の波長以下の成分をカットする第1の紫外線カットフィルタを介して照射し、

前記第2の紫外線照射工程では、前記第1の波長よりも大きい第2の波長以下の成分をカットする第2の紫外線カットフィルタを介して照射することを特徴とする請求項4記載の液晶表示素子の製造方法。

【請求項6】 前記第1の紫外線照射工程における紫外線強度よりも前記第2の紫外線照射工程における紫外線強度の方が弱いことを特徴とする請求項5記載の液晶表示素子の製造方法。

【請求項7】 一对の基板と、一对の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合

体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、  
一对の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、

前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の基板温度下で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、

液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の基板温度よりも低い第2の基板温度下で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項8】 前記第2の基板温度が、前記第1の紫外線照射工程後における液晶のネマティックーアイソトロピック転移点以上であることを特徴とする請求項7記載の液晶表示素子の製造方法。

【請求項9】 一对の基板と、一对の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合

体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、  
一对の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、

前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の紫外線強度で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、  
基板を加熱する加熱工程と、  
基板を冷却し、この冷却された状態で、液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の紫外線強度よりも弱い第2の紫外線強度で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【請求項10】 前記加熱工程における加熱温度が、液晶のネマティックーアイソトロピック転移点以上である

ことを特徴とする請求項9記載の晶表示素子の製造方法。

【請求項11】 一对の基板と、一对の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、一对の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、

前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるように、液晶のネマティックアイソトロピック転移点-紫外線照射時間特性曲線において最大点に達するまでに要する時間以内で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、

液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の紫外線強度よりも弱い第2の紫外線強度で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする液晶表示素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投射型ディスプレイ等に用いられる高分子分散型液晶を用いた散乱型の液晶表示素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示素子は、薄型、小型、低電圧駆動、低消費電力という特徴を生かし、腕時計、電卓等の表示から、ナビゲーションシステム、ノート型パソコン、液晶モニター、データプロジェクター、プロジェクション液晶テレビなどあらゆるところで広く利用されている。このような液晶表示素子の表示モードの中で、従来より広く用いられているのがTN(Twisted Nematic)方式であり、対向する2枚の基板の間に上下で液晶分子が90度ねじれた構造の液晶素子を2枚の偏光板により挟持したものである。また、TN方式の時分割駆動特性を改善したSTN(Super Twisted Nematic)方式の液晶表示素子も日本語ワードプロセッサなどに使われている。さらに、最近では液晶分子の自発分極によって液晶分子の配列状態を変化させ、その配列状態の変化に伴う電気光学効果を表示に利用する強誘電性液晶を利用した情報機器も実用化されている。

【0003】しかし、これらの液晶表示素子は少なくとも1枚の偏光板を必要とするため、暗い、配向処理が必要、セル厚制御が容易でないという課題があった。

【0004】一方、このような液晶表示素子に対して、偏光板が不要で、電界により液晶分子の配列を制御して、白濁状態または透明状態を作り出す方式が提案されている。この方式は、液晶材料と透明高分子の複合体が2枚の基板間に挟持されており、液晶分子が正の誘電率

異方性を有する場合、液晶分子の常光屈折率と透明高分子の屈折率を一致させておくと、電圧を印加して液晶分子の長軸を電界に平行になるように配列させて透明高分子の屈折率と一致すると界面の光散乱がないため透明状態になり、一方電圧が無印加のときには、液晶分子は種々の方向に配向しているため透明高分子との界面で屈折率が一致しないため光散乱が起こり白濁不透明状態になることを利用しているものである。

【0005】この方式の代表的な例は、NCAP(Nematic Curvilinear Aligned Phase)と呼ばれる、ネマチック液晶をポリビニルアルコールなどでマイクロカプセル化したものである(粉体と工業、VOL. 22、NO. 8(1990))。

【0006】また、このほかに、PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal)といわれる方式があり、液晶微小滴を高分子マトリクス中に分散させる方法である(フラットパネルディスプレイ'91、日経BP社、p219)。

【0007】また、PNLC(Polymer Network Liquid Crystal)といわれるものもあり、樹脂が液晶の連続相の中に3次元ネットワーク状に広がる構造を有するものである(電気情報通信学会技術研究報告、EID89-89、p1)。

【0008】これらの液晶材料と透明高分子の複合体は、総称して高分子分散型液晶と呼ばれている。

【0009】従来、これらの液晶材料と高分子の複合体の製造方法は、アクリル系またはエポキシ系紫外線硬化樹脂などの未硬化樹脂モノマーと液晶材料を溶解させた混合組成物を2枚の基板間に注入し、これに、紫外線を照射すると、樹脂モノマーが重合して液晶材料と樹脂が相分離する。その結果、高分子中に液晶材料が分散した構造、または液晶中に高分子がネットワーク状に広がる構造のものが得られる(フラットパネルディスプレイ'91、日経BP社、p219、電気情報通信学会技術研究報告、EID89-89、p1など)。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の高分子分散型液晶の製造方法では、上述のように液晶の相分離と樹脂モノマーの完全重合化を一度の、かつ一種類の紫外線照射によって行っている。このような照射方法であると、液晶の相分離状態の最適紫外線照射条件と樹脂モノマーの完全重合化のための最適紫外線照射条件は異なるため、ヒステリシス性能とコントラスト性能とを同時に満たす、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができない。

【0011】具体的に説明すると、例えば、強度の強い紫外線を照射すると、ヒステリシス性能は向上するが、相分離が急激に起こるため未反応の樹脂モノマーが液晶滴中に多く残存しやすくなり、液晶のみかけの屈折率異

方が小さくなりコントラスト性能が落ちる。また逆に、強度の弱い紫外線を照射すると、ヒステリシス性能は悪化するが、相分離が緩慢に起こるため未反応の樹脂モノマーが液晶滴中に残存しにくくなり、液晶のみかけの屈折率異方性が向上しコントラスト性能が向上する。このように、紫外線強度に関し、ヒステリシス性能とコントラスト性能とはトレードオフの関係が存在する。よって、一度でかつ一種類の紫外線照射による従来例では、ヒステリシス性能と、コントラスト性能を同時に満たす、表示品質の優れた高分子分散型の液晶表示素子を得ることができないという問題点があった。

【0012】本発明は、液晶表示装置に要求される、ヒステリシスが低いことと、コントラストが高いことを同時に満たす、表示品質の優れた高分子分散型の液晶表示素子の製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の高分子分散型液晶表示素子の製造方法は、ヒステリシス性能を決定する液晶の相分離とコントラスト性能を決定する残存樹脂モノマーの重合とを工程として分離し、各々独立に最適な紫外線照射条件によって行うことにより、ヒステリシス性能とコントラスト性能を同時に満たす、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得るものである。本発明の具体的構成は、以下の通りである。

【0014】請求項1記載の発明は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、一対の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の照射条件で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、第2の照射条件で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする。

【0015】上記製造方法により、ヒステリシス性能を決定する液晶の相分離を行う第1の紫外線照射条件と、コントラスト性能を決定する残存樹脂モノマーの重合を行う第2の紫外線照射条件とを、各々最適な紫外線照射条件によって行うことができ、ヒステリシスが低く、コントラストが高い、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0016】請求項2記載の発明は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、一対の基板間に液晶材料と光重合性材料

を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の紫外線強度で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の紫外線強度よりも弱い第2の紫外線強度で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする。

【0017】上記の製造方法によれば、第1の紫外線強度の大きい照射によりヒステリシスを低減した状態に維持したまま（液晶の相分離構造は第1の紫外線照射で固定される）、液晶滴内の残存重合性材料の重合を行う第2の強度の弱い紫外線照射により、好ましい散乱ゲインを持つセルを作製できる。

【0018】請求項3記載の発明は、請求項2記載の液晶表示素子の製造方法において、前記第1の紫外線強度と前記第2の紫外線強度の比が5以上であることを特徴とする。

【0019】これにより、さらに良好に液晶滴中の未反応の重合性材料を重合することができ、さらにコントラストを向上させることができる。

【0020】請求項4記載の発明は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、一対の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の紫外線分光特性を有する紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の紫外線分光特性よりも長波長成分が多い第2の紫外線分光特性を有する紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする。

【0021】ヒステリシス性能を最適にする紫外線分光特性と、液晶材料の分解を可能な限り抑制し未反応の樹脂モノマーを効率よく重合する紫外線分光特性は異なる。そこで、上記方法によれば、各々最適な紫外線分光特性によって照射することができ、ヒステリシスが低く、コントラストが高い、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0022】請求項5記載の発明は、請求項4記載の液晶表示素子の製造方法において、前記第1の紫外線照射工程では、紫外線の有する波長成分のうち予め定めた第1の波長以下の成分をカットする第1の紫外線カットフィルタを介して照射し、前記第2の紫外線照射工程で

10

20

30

40

50

は、前記第1の波長よりも大きい第2の波長以下の成分をカットする第2の紫外線カットフィルタを介して照射することを特徴とする。

【0023】上記構成により、容易にかつ安定して最適な分光特性を持つ紫外線光源を得ることができ、ヒステリシスが低く、コントラストが高い、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0024】請求項6記載の発明は、請求項5記載の液晶表示素子の製造方法において、前記第1の紫外線照射工程における紫外線強度よりも前記第2の紫外線照射工程における紫外線強度の方が弱いことを特徴とする。

【0025】上記構成により、さらにヒステリシスが低く、コントラストが高い、高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0026】請求項7記載の発明は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、一対の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の基板温度下で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の基板温度よりも低い第2の基板温度下で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする。

【0027】上記構成により、ヒステリシス性能を最適にする紫外線照射温度と、液晶材料の分解を可能な限り抑制し未反応の樹脂モノマーを効率よく重合する紫外線温度は異なるので、第1の紫外線照射時の基板温度と第2の紫外線照射時の基板温度を各々最適に制御することにより、ヒステリシスが低く、コントラストが高い、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0028】請求項8記載の発明は、請求項7記載の液晶表示素子の製造方法において、前記第2の基板温度が、前記第1の紫外線照射工程後における液晶のネマティック・アイソトロピック転移点以上であることを特徴とする。

【0029】これにより、熱による重合反応の促進と攪拌作用が加わるため、未反応の樹脂モノマーを効率よく重合することができ、ヒステリシスが低く、コントラストが高い、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0030】請求項9記載の発明は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合体層からなる液晶表示素子の製造

方法であって、一対の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるような第1の紫外線強度で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、基板を加熱する加熱工程と、基板を冷却し、この冷却された状態で、液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の紫外線強度よりも弱い第2の紫外線強度で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする。

【0031】上記構成により、熱による液晶材料、重合開始剤および未反応の樹脂モノマーの攪拌が十分に行われるため、未反応の樹脂モノマーを効率よく重合することができ、ヒステリシスが低く、コントラストが高い、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0032】請求項10記載の発明は、請求項9記載の液晶表示素子の製造方法において、前記加熱工程における加熱温度が、液晶のネマティック・アイソトロピック転移点以上であることを特徴とする。

【0033】上記構成により、液晶のネマティック・アイソトロピック転移点以上に加熱することにより、熱による液晶材料、重合開始剤および未反応の樹脂モノマーの攪拌がより十分に行われるため、未反応の樹脂モノマーを効率よく重合することができ、ヒステリシスが低く、コントラストが高い、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

【0034】請求項11記載の発明は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子・液晶複合体層からなる液晶表示素子の製造方法であって、一対の基板間に液晶材料と光重合性材料を含む混合組成物を注入する混合組成物注入工程と、前記混合組成物に紫外線を照射する第1の紫外線照射工程であって、前記光重合性材料の光重合により高分子と液晶とを相分離させると共に、分離析出した液晶滴の形状が略球形となるように、液晶のネマティック・アイソトロピック転移点—紫外線照射時間特性曲線において最大点に達するまでに要する時間以内で紫外線を照射する第1の紫外線照射工程と、液晶滴内に残留している未反応の重合性材料を更に重合させるべく、前記第1の紫外線強度よりも弱い第2の紫外線強度で紫外線を照射する第2の紫外線照射工程と、を含むことを特徴とする。

【0035】高分子分散液晶の紫外線照射過程について、液晶のネマティック・アイソトロピック転移点—紫外線照射時間特性曲線を測定すると、紫外線照射時間が少ない領域では未反応の樹脂モノマーが系に多く存在し、液晶のネマティック・アイソトロピック転移点は紫

外線照射時間とともに上昇するが、さらに紫外線を照射してゆくと未反応の樹脂モノマーが少なくなり、今度はネマティックアイソトロピック転移点の最大点を境としてネマティックアイソトロピック転移点は低下して行く。この低下の主原因は、液晶材料の紫外線による分解であり、分解が多くなりイオンが液晶中に増加すると特性の悪化、あるいはTFT (thin film transistor) を用いたアクティブマトリクス駆動の際には電圧保持率低下に結びつき表示品質を損なう。かかる課題に対して、上記の構成とすることにより、液晶の分解をなるべく抑え、かつ未反応の樹脂モノマーが少ないのでコントラスト性能が高く、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を得ることができる。

#### 【0036】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態について説明する。なお、図1においては、高分子・液晶複合体層は、基本的には高分子マトリクス（高分子相）中に液晶相が独立相（液晶滴）として分散された構造の高分子分散型液晶（PDLC）層であるが、液晶材料や重合条件により、電気通信学会技術研究報告（EID89-89、p1）のように液晶相および高分子相が連続相を形成する場合もある。

【0037】以下の説明では、主として液晶相が独立相として高分子マトリクス中に分散したタイプのものについて述べるが、本発明はこれに限定されるものではなく、液晶相および高分子相が連続相を形成するポリマーネットワーク構造にも適用することができる。

#### 【0038】（実施の形態1）

【液晶表示素子の構成】図1は本発明の実施の形態1に係る液晶表示素子の一画素を示す断面図である。この液晶表示素子1は、下基板2と、該下基板2に対向して配置される上基板3と、下基板2と上基板3の間に配置された高分子・液晶複合体層4とを有する。前記下基板2および上基板3は、例えばガラスからなる透明な基板である。前記下基板2の内側面には、画素スイッチング素子としての薄膜トランジスタ（TFT）、金属配線（走査信号線・画像信号線）および透明な画素電極5が形成されている。これら金属配線、TFTおよびインジウム・錫酸化物（ITO）からなる画素電極5等は、絶縁膜6によって覆われている。尚、図1においては、発明内容の理解を容易にするため、金属配線およびTFT等は省略されている。また、前記上基板3の内側面には、インジウム・錫酸化物（ITO）からなる対向電極7が形成されており、この対向電極7は絶縁膜8によって覆われている。

【0039】前記高分子・液晶複合体層4は、高分子マトリクス9中に液晶滴10が分散された構成を有する。ここで、注目すべきは、液晶滴9がほぼ球形状となっており、しかも液晶滴9内には、未反応モノマーが殆ど残留していないことである。このような液晶滴の構造

により、光学ヒステリシスを低減することができると共に、コントラストを向上することができる。なお、この理由については後述する。

【0040】【液晶表示素子の製造方法】上記構成の液晶表示素子を以下の方法で作製した。

#### 【0041】（1）空セルの作製工程

まず、ITOからなる透明電極（画素電極に相当）5が形成された透明ガラス基板（下基板に相当）2上に、絶縁膜としてポリイミド膜SE-7992（日産化学製）をスピナーで塗布して、絶縁膜6を形成する。同様にして、ITOからなる透明電極（対向電極に相当）7が形成された透明ガラス基板（上基板に相当）3上に、絶縁膜としてポリイミド膜SE-7992（日産化学製）をスピナーで塗布して、絶縁膜8を形成する。次いで、透明ガラス基板2と透明ガラス基板3を、12μm径のプラスチック製のスペーサ（マイクロバル：積水ファイン（株））を介して熱硬化型のシール材（ストラクトボンド：三井東圧化学（株））により液晶注入口を設けて貼り合わせ、150℃で2時間加熱してシール材を完全硬化させて空セルを作製した。

#### 【0042】（2）混合組成物の調製工程

次に、液晶材料としてTL-213（メルク社製）8.50gと重合性モノマーとして2-エチルヘキシルアクリレート（東京化成製）を0.80g、オリゴマーとしてポリウレタンアクリレート0.60g、光重合開始剤としてダロキュア1173（チバガイギ（株））を0.05gそれぞれ加え、できあがった混合組成物を、25℃で十分攪拌し均一な混合溶液を調製した。

#### 【0043】（3）混合組成物の注入工程

上記の混合溶液を25℃で前記空セルに封口部から真空注入し、その後、紫外線硬化型封口樹脂であるロックタイト（日本ロックタイト（株））により該封口部を封口した。

#### 【0044】（4）第1の紫外線照射工程

次に、前記液晶セルに、図2及び図3に示すシーケンスのように、200mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を25℃でt1=5秒照射し、重合性モノマーを光重合開始剤との反応により重合、相分離させた。なお、紫外線照射の際、液晶の分解を防ぐため、紫外線カットフィルターUV-35（東芝硝子（株））を通過させた。また、液晶セルの発熱を防ぐため、紫外線・赤外線反射フィルターUVIR（ジオマテック（株））も通過させた。

【0045】このような紫外線強度が大きいと、重合速度が大きく、そのため分離析出した液晶滴の構造は、球形状に近くなる。このことは、ヒステリシスの低減した液晶滴構造となったことを意味する。以下にその理由について説明する。一般的にヒステリシスの発生は、液晶滴の構造に起因しているものと考えられている。即ち、液晶滴が歪んだ形状であったり、ネットワーク構造に近



いと、球形状のものに比べて液晶と高分子との界面が凹凸状となっており、そのためディスクリネーションがトラップされやすく、この結果、ヒステリシスが大きくなると考えられている。従って、本実施の形態のように液晶滴が球形状に近い構造であれば、ディスクリネーションがトラップされにくくなり、この結果、ヒステリシスの低減が図れることになる。

【0046】但し、紫外線強度が大きいため、急激な重合がなされるため、液晶滴内には、未反応のモノマーが多量に残存することになる。従って、液晶滴がこの状態では、球形状に近いヒステリシスは低減できても、液晶滴内の未反応のモノマーにより、見かけの屈折率異方性が小さくなり、散乱性が劣るため、十分なコントラストが得られない。そこで、以下に述べる第2の紫外線照射を行う。

【0047】(5) 第2の紫外線照射工程  
上記第1の紫外線照射により液晶の相分離が達成された後、第1の紫外線照射時における紫外線強度よりも弱い紫外線強度で紫外線を引き続き照射する。第2の紫外線強度としては、図2及び図3に示すシーケンスのように、 $30\text{ mW}/\text{cm}^2$ の高圧水銀灯による紫外線を25℃でも2〜1100秒間さらに照射し、重合性モノマーをより完全に硬化させた。なお、第2の紫外線照射工程においても、紫外線は紫外線カットフィルターUV-35および紫外線・赤外線反射フィルターUVIRを通過させた。

【0048】このようにして、上記(1)〜(5)の工程により、液晶表示素子1が作製された。

【0049】[液晶セルの評価] 上記方法で作製した液晶表示素子に関して、①液晶滴の構造、②散乱性、③液晶滴内の残留モノマーの量、④ヒステリシス、について評価した。

#### 【0050】①液晶滴の構造

こうして完成した高分子分散型液晶表示素子を分解し、イソプロピルアルコールで液晶材料を洗浄除去し、高分子分散型液晶の相分離構造を光学顕微鏡で観察した結果、液晶滴は球形に近い形状であり、その粒径が $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 〜 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ であった。

#### 【0051】②散乱性

次いで、高分子分散型液晶の散乱特性を定量化する指標として、散乱ゲインGを用いて上記方法で作製した液晶セルの散乱性を評価した。ここで、散乱ゲインGとは、高分子分散型液晶の光照射面での照度をE、高分子分散型液晶の光照射側とは反対側の面での輝度をB、円周率を $\pi$ とすると、次式で定義される。

$$【0052】G = \pi B / E$$

具体的な測定方法としては、高分子分散型液晶セルの基板面に平行に光を照射し、高分子分散型液晶セルの基板面に配置した照度計(ミノルタ製T-1M)で照度Eを測定した。また、高分子分散型液晶の光照射側とは反

対側の面での輝度Bを輝度計(TOPCON製BM-8)で測定した。高分子分散型液晶が完全な散乱体である場合は、散乱ゲインGは0.5となる。また、高分子分散型液晶のコントラストは散乱ゲインGの逆数に比例する。

【0053】上記セルのゲインGを測定すると $G=0.85$ であり、散乱性が良好であることが認められた。

【0054】なお、散乱ゲインGについては、「液晶ビデオプロジェクト技術(トリックアップ刊)」(佐々木正、1990、10、29、p139)に解説されている。

#### 【0055】③液晶滴内の残留モノマーの量

液晶滴のネマティック-アイソトロピック転移点を用いて、液晶滴内の残留モノマーの量を評価した。具体的には、前記セルの液晶滴のネマティック-アイソトロピック転移点(液晶性を保っていられた最高の温度) $T_{ni}$ をメトラ-FP800で測定すると $82.7^\circ\text{C}$ であった。TL-213液晶の $T_{ni}$ は $87.7^\circ\text{C}$ なので、完成されたセルにおいても、未反応の樹脂モノマーが微量含まれていることが認められる。しかしながら、後述するように、液晶滴内の未反応の樹脂モノマーは、第1の紫外線照射工程のみである場合に比べると、少なくなっている。これにより、散乱性が良好となったものと認められる。ここで、ネマティック-アイソトロピック転移点 $T_{ni}$ により液晶滴内の残留モノマーの量を評価できるのは、液晶滴内に液晶以外の不純物が存在していると、その不純物の量に応じてネマティック-アイソトロピック転移点 $T_{ni}$ が低下するからである。

【0056】なお、本発明による液晶セルの $T_{ni}$ は高温なため、高温使用温度に対しても、散乱ゲインの低下は少なく、良好な特性を示した。

#### 【0057】④ヒステリシス

図4は、本実施例で作製した高分子分散型液晶セルの印加電圧による透過率変化を輝度計で測定したものである。測定温度 $30^\circ\text{C}$ 、受光角 $0.2^\circ$ で、 $30\text{ Hz}$ の矩形波を印加して測定した。

【0058】曲線30aは印加電圧を0Vから増加させたときの透過率特性、曲線30bは印加電圧を30Vから減少させたときの透過率特性を示す。両者の曲線は同一経路を通らず、ヒステリシスが観測された。通常ヒステリシス値は、30aと30bの透過率変化の中央部の電圧の差 $\Delta V$ で規定されるが、実際の表示において観測されるのは、一定電圧(V1)における透過率の差 $\Delta T$ である。最も透過率でのヒステリシスの大きいところを最大ヒステリシス( $\Delta T_{\text{max}}$ )と呼ぶことにすると、本実施例で作製した高分子分散型液晶セルの最大ヒステリシス $\Delta T_{\text{max}}$ は1.0%であり、ヒステリシスが低減されたことが認められる。

【0059】[第1の紫外線強度と第2の紫外線強度の比] 次に、第2の紫外線強度及び第2の紫外線照射時間

のみを以下の表1に示す条件とし、その他は上記方法と同様にして液晶セルA、B、Cを作製した。なお、第2の紫外線照射工程における照射温度は、第1の紫外線照\*

\*射工程における照射温度と同一の25℃とした。

【表1】

	紫外線強度 (mW/cm <sup>2</sup> )	紫外線照射 時間 (秒)	最大ヒステリ シス (%)	散乱ゲイン G	T <sub>ni</sub> 点 (℃)
液晶セルA	100	30	1.0	1.0	77.0
液晶セルB	50	60	1.0	0.95	78.2
液晶セルC	10	3000	1.0	0.75	83.5

【0060】ここで、紫外線強度により照射時間を変えたのは、紫外線照射量＝強度×時間を一定にするためである。これが変化すると、液晶材料の紫外線による分解量、残留樹脂モノマーの重合量を一定にすることができないからである。また、紫外線カットフィルター等の条件は同一とした。

【0061】このときの各液晶セルA、B、Cについてのセル透過率における最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ 、ゲインGおよびネマティックアイソトロピック転移点T<sub>ni</sub>を測定したので、その結果も表1に併せて記載した。この表1より明らかにように、第2の紫外線強度が第1の紫外線強度の1/5以下のときに、ゲインG、すなわちコントラストに対して大きな向上があることが認められる。

【0062】また、紫外線照射を200mW/cm<sup>2</sup>の強度でt<sub>1</sub>=3秒のみ照射したセルを観察したが、散乱性が十分ではなく、液晶の相分離が不完全であることが認められた。

【0063】(比較例1) 液晶セルの構成、均一混合溶液の成分は全く同一で、実施の形態1と全く同様の方法で、均一混合溶液を真空注入し封口した前記液晶セルに、20～300mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を25℃で、紫外線照射量＝強度×時間＝1000 (mJ/cm<sup>2</sup>) (一定)となるように照射してセルを作製した。

【0064】図5は、これらのセルにおける最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ およびゲインGを紫外線照射強度に対してプロットしたものである。図6で、紫外線強度が非常に弱いときに散乱ゲインが大きくなっているが、これはこの領域では液晶滴の平均直径が大きくなり、散乱性能を落としているためである。図5及び図6からわかるように、ヒステリシスと散乱ゲインGの間にはほぼトレード・オフの関係があり、一度の紫外線照射工程では、最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ =1.0%、ゲインG=1.0%が限界であり、最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ =1.0%を保持したままゲインGをこれ以上向上させることは困難である。

【0065】この原因は以下のように考えられる。

【0066】強度の強い紫外線を照射すると、ディスクリネーションが消えやすくなり、図5のように、ヒステ※

※リシス性能は向上するが、相分離が急激に起こるため本来高分子マトリクス壁の方に移動するはずの未反応の樹脂モノマーが液晶滴中に多く残存しやすくなり、液晶のみかけの屈折率異方性 $\Delta n$ が小さくなり散乱ゲイン、すなわちコントラストが落ちる。また逆に、強度の弱い紫外線を照射すると、図5のように、ヒステリシス性能は悪化するが、相分離が緩慢に起こるため未反応の樹脂モノマーが液晶滴中に残存しにくくなり、液晶のみかけの屈折率異方性が向上し散乱性が向上する。このことは、より紫外線強度が強いセルほどT<sub>ni</sub>点が低いことから説明できる。したがって、一度の紫外線照射プロセスでは、強度に関し、ヒステリシス性能と散乱ゲインとはほぼトレードオフの関係が存在する。

【0067】しかし、本実施の形態1の製造方法を用いれば、第1の紫外線強度の大きい照射により最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ =を1.0%に維持したまま(液晶の相分離構造は第1の紫外線照射で固定される)、残留樹脂モノマーの重合を行う第2の強度の弱い紫外線照射により、好ましい散乱ゲインを持つセルを作製できる。

【0068】また、本発明による液晶セルのT<sub>ni</sub>は高温なため、温度に対する屈折率異方性 $\Delta n$ の低下が少ないため、特に高温領域で散乱ゲインの低下は少なく、高温でも良好なコントラスト特性を示した。

【0069】(実施の形態2) 実施の形態2では、第1の紫外線照射工程における紫外線の分光特性が第2の紫外線照射工程における紫外線の分光特性と異なることを特徴とするものである。具体的には、以下のとおりである。

【0070】実施の形態1と同様に、均一混合溶液を真空注入し封口した前記液晶セルに、紫外線カットフィルターUV-35(東芝硝子(株))を通過させた200mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を25℃で5秒照射し(第1の紫外線照射)相分離させた後、引き続き、紫外線カットフィルターUV-37(東芝硝子(株))を通過させた50mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を25℃で100秒間さらに照射し(第2の紫外線照射)、重合性モノマーをより完全に硬化させた。

【0071】この液晶セルの最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ 、ゲインGおよびネマティックアイソトロピック転

移点 $T_{ni}$ を測定すると、最大ヒステリシス $\Delta T_{max}=1.0\%$ 、ゲイン $G=0.80$ 、 $T_{ni}=84.0^{\circ}\text{C}$ であり、良好な特性を示した。

【0072】良好な特性を示した理由は以下のように考えられる。

【0073】均一混合溶液が充填された液晶セルに紫外線を照射すると、 $T_{ni}$ 点は照射初期は照射時間と共に急激に高くなり、やがてある点で最大値を取り、さらに照射すると今度は低下して行く傾向にある。これは、液晶材料の紫外線による分解に基づく $T_{ni}$ の低下と樹脂モノマーの重合による $T_{ni}$ の向上とが競争しているからであり、初期の $T_{ni}$ の急激な上昇は樹脂モノマーの重合による $T_{ni}$ の向上に由来し、後半の $T_{ni}$ の低下は液晶材料の紫外線による分解によるものである。

【0074】一方、重合開始剤であるダロキユア1173の吸収波長領域（重合開始剤の活性化する波長領域に相当）は、370nmよりも大きく、一方、液晶材料TL-213の吸収波長領域（液晶材料の光分解する波長領域に相当）は360nmより小さい。従って、第2の紫外線照射工程で370nmのカット波長を持つUV-37を通過させた紫外光を液晶セルに照射することにより、未反応樹脂モノマーは重合するが液晶材料は光分解しない状況が実現できるため、 $T_{ni}$ 点が高くでき、従って、見かけの屈折率異方性 $\Delta n$ が低下しないため散乱ゲインも良好にできる。

【0075】また、第1の紫外線強度より第2の紫外線強度が弱い方が、緩慢に反応が進むため未反応樹脂モノマーが樹脂マトリクス壁と反応しやすくなるので、より $T_{ni}$ 点が高くでき、見かけの $\Delta n$ が低下しないため散乱ゲインも良好にできる。

【0076】上記の例では、紫外線照射用の1つの光源と、2つの紫外線カットフィルタにより、第1の紫外線照射工程と第2の紫外線照射工程とにおける紫外線の分光特性が異なるようにしたけれども、分光特性の異なる2つの紫外線照射用光源を用いて第1の紫外線照射工程と第2の紫外線照射工程とにおける紫外線の分光特性を異ならしめるようにしてもよい。

【0077】（実施の形態3）実施例1と同様に均一混合溶液を真空注入し封口した前記液晶セルに、図7及び図8に示すシーケンスのように、200mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を25℃で $t_1=5$ 秒照射し（第1の紫外線照射）、相分離させた後、セル温度を5℃に冷却し、引き続き、30mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を $t_2-t_1=100$ 秒間照射し（第2の紫外線照射）、重合性モノマーをより完全に硬化させた。

【0078】この液晶セルの最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ 、ゲイン $G$ およびネマティックアイソトロピック転移点 $T_{ni}$ を測定すると、最大ヒステリシス $\Delta T_{max}=1.0\%$ 、ゲイン $G=0.81$ 、 $T_{ni}=83.5^{\circ}\text{C}$

であり、良好な特性を示した。

【0079】良好な特性を示した理由は以下のように考えられる。

【0080】即ち、第2の紫外線照射時に液晶セルを冷却することにより、液晶材料の紫外線による分解が抑制されるが、未反応樹脂モノマーの重合はあまり抑制されず、結果的に $T_{ni}$ が上昇したものと考えられるからである。

【0081】（実施の形態4）実施の形態1と同様に均一混合溶液を真空注入し封口した前記液晶セルに、図9及び図10に示すシーケンスのように、200mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を25℃で $t_1=5$ 秒照射し（第1の紫外線照射）、相分離させた後、セル温度を105℃に加熱し、その状態で30mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を $t_2-t_1=100$ 秒間照射し（第2の紫外線照射）、重合性モノマーをより完全に硬化させた。

【0082】この液晶セルの最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ 、ゲイン $G$ およびネマティックアイソトロピック転移点 $T_{ni}$ を測定すると、最大ヒステリシス $\Delta T_{max}=1.0\%$ 、ゲイン $G=0.82$ 、 $T_{ni}=83.3^{\circ}\text{C}$ であり、良好な特性を示した。

【0083】良好な特性を示した理由は以下のように考えられる。

【0084】即ち、第2の紫外線照射時に液晶セルをネマティックアイソトロピック転移点 $T_{ni}$ まで加熱することにより、液晶滴中に閉じこめられていた未反応樹脂モノマーが完全に拡散することができるようになり、高分子マトリクス壁と効率よく結合して液晶滴中の未反応樹脂モノマーの含有量がより少なくなるため、 $T_{ni}$ が上昇し、見かけの $\Delta n$ が上昇して散乱性が向上したものと考えられるからである。

【0085】（実施の形態5）実施の形態1と同様に均一混合溶液を真空注入し封口した前記液晶セルに、図11及び図12に示すシーケンスのように、200mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を25℃で $t_1=5$ 秒照射し（第1の紫外線照射）、相分離させた後、セル温度を一旦105℃に加熱し、その状態で $t_2-t_1=600$ 秒間放置した後、25℃に戻して30mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を $t_3-t_2=100$ 秒間照射し（第2の紫外線照射）、重合性モノマーをより完全に硬化させた。

【0086】この液晶セルの最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ 、ゲイン $G$ およびネマティックアイソトロピック転移点 $T_{ni}$ を測定すると、最大ヒステリシス $\Delta T_{max}=1.0\%$ 、ゲイン $G=0.82$ 、 $T_{ni}=83.4^{\circ}\text{C}$ であり、良好な特性を示した。

【0087】良好な特性を示した理由は以下のように考えられる。

【0088】即ち、第1の紫外線照射後に液晶セルをネ

マテック-アイソトロピック転移点 $T_{ni}$ まで加熱することにより、液晶滴中に閉じこめられていた未反応樹脂モノマーが完全に拡散することができるようになり、その後25℃に戻して第2の紫外線を照射しても、高分子マトリクス壁と効率よく結合して液晶滴中の未反応樹脂モノマーの含有量が少なくできるため、 $T_{ni}$ が上昇し、見かけの $\Delta n$ が上昇して散乱性が向上したものと考えられるからである。

【0089】また、加熱温度は、60～70℃でも効果は見られたが、より短時間で効果を上げるためには、ネマテック-アイソトロピック転移点 $T_{ni}$ までセルを加熱することが望ましい。

【0090】(実施の形態6) 実施の形態6は、第1の紫外線照射工程における紫外線照射時間を、液晶のネマテック-アイソトロピック転移点-紫外線照射時間特性曲線において最大点に達するまでに要する時間以内とすることを特徴とするものである。以下、具体的に説明する。

【0091】実施の形態1と同様に均一混合溶液を真空注入し封口した前記液晶セルに、温度を25℃に保ちながら200mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を照射し、紫外線照射時間の異なる種々の液晶セルを作製した。なお、第1の紫外線照射工程後は、液晶セルに、30mW/cm<sup>2</sup>の高圧水銀灯による紫外線を100秒間照射し(第2の紫外線照射)、重合性モノマーをより完全に硬化させた。

【0092】図13は、第1の紫外線照射終了時のネマテック-アイソトロピック転移点 $T_{ni}$ と紫外線照射時間の関係をプロットしたものである。

【0093】照射時間 $t_4$ 、 $t_5$ および $t_6$ における液晶セルに、第2の紫外線を照射して最大ヒステリシス $\Delta T_{max}$ 、ゲイン $G$ およびネマテック-アイソトロピック転移点 $T_{ni}$ を測定すると、照射時間 $t_4$ の場合には、( $\Delta T_{max}$ 、 $G$ 、 $T_{ni}$ )=(1.0%、1.2、75.5℃)であり、照射時間 $t_5$ の場合には、( $\Delta T_{max}$ 、 $G$ 、 $T_{ni}$ )=(1.0%、0.86、82.5℃)であり、照射時間 $t_6$ の場合には、( $\Delta T_{max}$ 、 $G$ 、 $T_{ni}$ )=(1.0%、0.88、81.5℃)であった。この測定結果から明らかなようにネマテック-アイソトロピック転移点が $t_4$ から、最大となる照射時間 $t_5$ の液晶セルが最も良好な特性を示した。また、第1の紫外線照射時間が $t_4$ より短い液晶セルでは、第2の紫外線照射終了後の $T_{ni}$ は84.1℃と良好であったが、液晶滴が大きく、散乱ゲインは大きかった。

【0094】 $t_4$ から $t_5$ の液晶セルが良好な特性を示した理由は以下のように考えられる。

【0095】均一混合溶液が充填された液晶セルに紫外線を照射すると、図13のように、 $T_{ni}$ 点は照射初期は照射時間と共に急激に高くなり、やがてある点で最大

値を取り、さらに照射すると今度は低下して行くが、これは、液晶材料の紫外線による分解に基づく $T_{ni}$ の低下と樹脂モノマーの重合による $T_{ni}$ の向上とが競争しているからであり、初期の $T_{ni}$ の急激な上昇は樹脂モノマーの重合による $T_{ni}$ の向上に由来し、後半の $T_{ni}$ の低下は液晶材料の紫外線による分解によるものである。

【0096】したがって、良好な特性の高分子分散型液晶を得るためには、未反応の残存樹脂モノマーを完全に重合させるような長時間の紫外線照射ではなく、液晶材料の分解による見かけの $\Delta n$ の低下も考慮した、図13の $t_5$ 付近の照射時間でなければ良い特性は得られないはずである。

【0097】ところが、1回のみの紫外線照射の場合は $t_5$ 付近が最も特性が良いが、既にこの状態では、未反応樹脂モノマーが多く液晶滴に残留しており、さらに、かなりの液晶材料も既に分解が起こっている。したがって、2段階の重合を行うときは、液晶ドロレット(相分離による液晶滴)構造ができあがった直後付近が最も望ましいといえる。これ以前の状態の構造では、第2の紫外線照射により構造の変化を受けてしまい、ヒステリシスが悪化するからである。

【0098】(その他の事項) 上記実施の形態では、紫外線強度の時間変化はステップ状としたけれども、本発明はこれに限定されるものではなく、連続的に変化しても同様な効果が得られることは言うまでもない。

【0099】また、上記実施の形態では、紫外線照射は第1と第2の2段階で行ったが、本発明はこれに限定されるものではなく、3段階以上の多段階で行っても同様な効果が得られることは言うまでもない。

【0100】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、ヒステリシス性能を犠牲にすることなく、液晶の分解をなるべく抑えることができ、また未反応の樹脂モノマーをできるだけ効率よく重合させることができるため、残存樹脂モノマーが少なく、 $T_{ni}$ が高く、見かけの $\Delta n$ が大きいため散乱性が良く、コントラスト性能が高い、表示品質の優れた高分子分散型液晶表示素子を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る液晶表示素子の一面素子を示す断面図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る液晶表示素子の製造方法において第1の紫外線照射工程及び第2の紫外線照射工程での紫外線の強度の変化及び照射時間を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る液晶表示素子の製造方法において第1の紫外線照射工程及び第2の紫外線照射工程でのパネル温度の変化及び照射時間を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態1に係る液晶表示素子の印加電圧-透過率特性図である。

【図5】比較例1に係る液晶表示素子の紫外線強度とヒステリシスの関係を示す図である。

【図6】比較例1に係る液晶表示素子の紫外線強度と散乱ゲインの関係を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態3に係る液晶表示素子の製造方法において第1の紫外線照射工程及び第2の紫外線照射工程での紫外線の強度の変化及び照射時間を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態3に係る液晶表示素子の製造方法において第1の紫外線照射工程及び第2の紫外線照射工程でのパネル温度の変化及び照射時間を示す図である。

【図9】本発明の実施の形態4に係る液晶表示素子の製造方法において第1の紫外線照射工程及び第2の紫外線照射工程での紫外線の強度の変化及び照射時間を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態4に係る液晶表示素子の製造方法において第1の紫外線照射工程及び第2の紫外線照射工程でのパネル温度の変化及び照射時間を示す図である。

【図11】本発明の実施の形態5に係る液晶表示素子の製造方法において第1の紫外線照射工程及び第2の紫外

線照射工程での紫外線の強度の変化及び照射時間を示す図である。

【図12】本発明の実施の形態5に係る液晶表示素子の製造方法において第1の紫外線照射工程及び第2の紫外線照射工程でのパネル温度の変化及び照射時間を示す図である。

【図13】本発明の実施の形態5における紫外線照射時間と液晶表示素子のネマティック-アイソトロピック転移点の関係を示す図である。

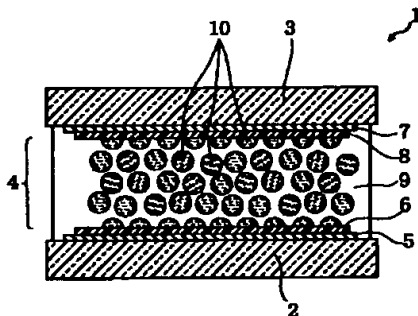
#### 10 【符号の説明】

- 1 : 液晶表示素子
- 2 : 下基板
- 3 : 上基板
- 4 : 高分子・液晶複合体層
- 5 : 画素電極
- 6, 8 : 絶縁膜
- 7 : 対向電極
- 9 : 高分子マトリクス
- 10 : 液晶滴

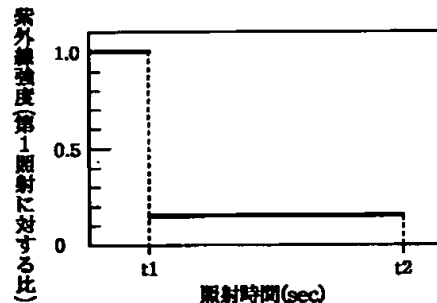
20 30a : 矩形波電圧を液晶セルに印加したときの透過率特性(0V→30V)

30b : 矩形波電圧を液晶セルに印加したときの透過率特性(30V→0V)

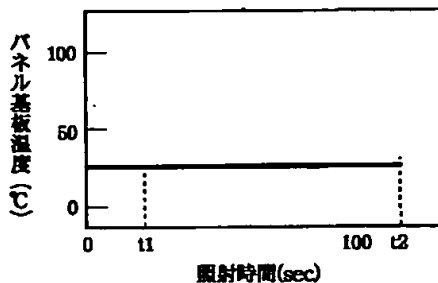
【図1】



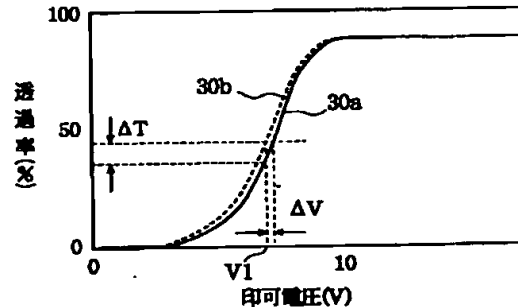
【図2】



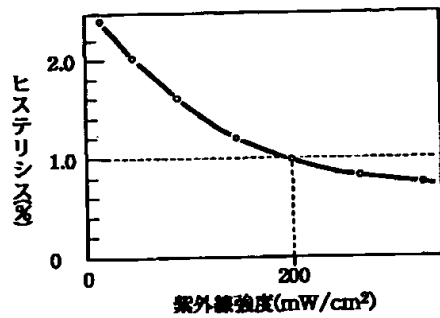
【図3】



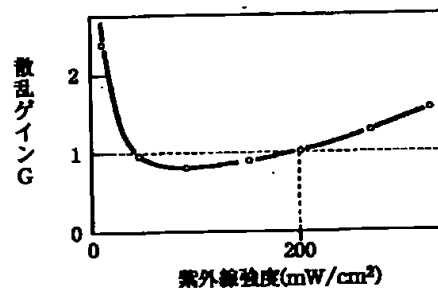
【図4】



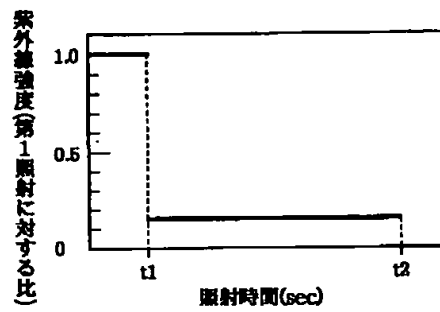
【図5】



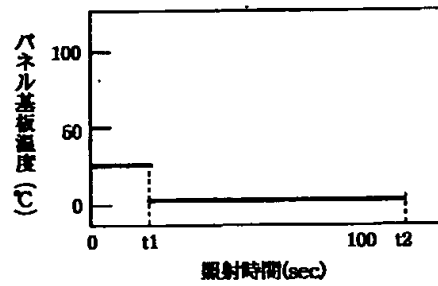
【図6】



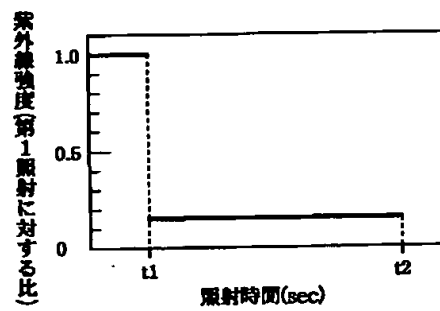
【図7】



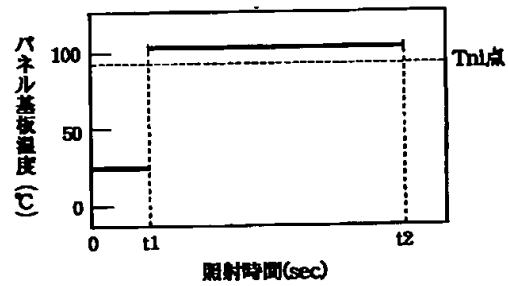
【図8】



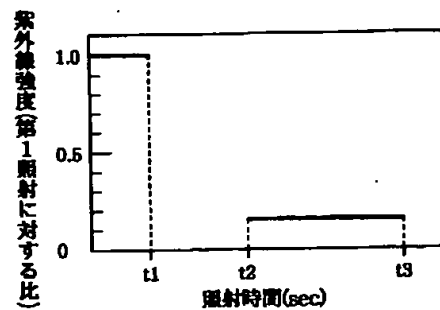
【図9】



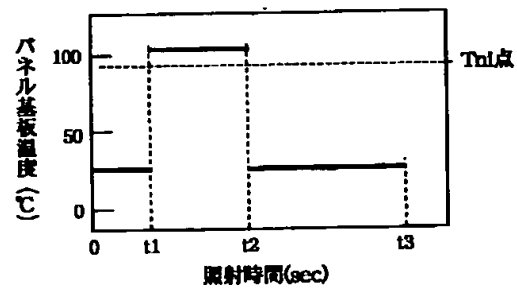
【図10】



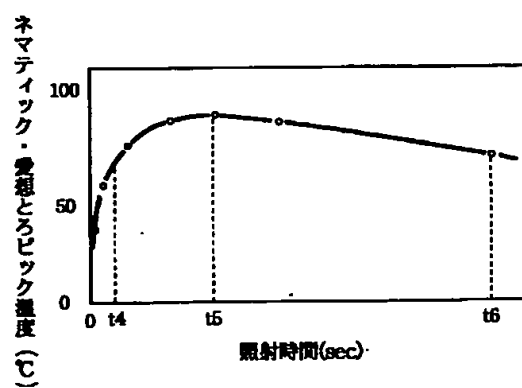
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H088 FA10 FA20 FA30 GA10 HA08  
 KA03 MA06 MA16  
 2H089 HA04 JA04 KA08 LA07 LA19  
 MA04X NA09 NA24 NA39  
 QA05 QA11 QA12 QA16 SA18  
 TA02